

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of

Masashi Fujimoto

Serial No.: 09/981,912

Filing Date: October 19, 2001

For: METHOD FOR MEASURING COMA ABERRATION IN OPTICAL SYSTEM

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231



Group Art Unit: Not Yet Assigned

Examiner: Unknown

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Application Number 2000-320153
filed on October 20, 2000, upon which application the claim for priority is based.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sean McGinn".

Sean M. McGinn, Esq.
Reg. No. 34,386

Date: _____

5/17/02

McGinn & Gibb, PLLC
Intellectual Property Law
8321 Old Courthouse Road, Suite 200
Vienna, VA 22182-3817
(703) 761-4100
Customer No. 21254

RECEIVED
MAY 21 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-320153

出 願 人

Applicant(s):

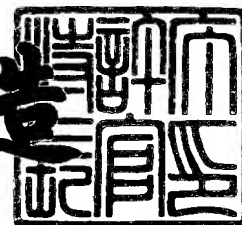
日本電気株式会社

RECEIVED
MAY 21 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年 8月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3072870

【書類名】 特許願

【整理番号】 74112308

【提出日】 平成12年10月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/00

【発明の名称】 コマ収差の測定用マスク及びコマ収差の測定方法

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

 【氏名】 藤本 匡志

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100081433

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 章夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007009

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 コマ収差の測定用マスク及びコマ収差の測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コマ収差を測定する対象である光学系を含む露光装置により測定用マスク上の測定用パターンの露光を行い、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定するための測定用マスクであって、前記測定用パターンは、所要のピッチで配列される複数本のラインとスペースで構成されるライン部を有する L / S パターンとして構成され、かつ前記複数本のラインは両端のラインの幅寸法が、中央側の他のラインの幅寸法以下とされ、かつ前記ライン部はその配列方向の中心位置が一致された基準ライン対内に配置されていることを特徴とするコマ収差の測定用マスク。

【請求項 2】 前記測定用パターンは、前記ライン部を構成するラインのうち、両端のラインの幅寸法がそれぞれ異なる複数の L / S パターンで構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のコマ収差の測定用マスク。

【請求項 3】 前記複数の L / S パターンは、各ライン部の両端のラインの幅寸法が等しい寸法差で段階的に異なる幅寸法となるように形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のコマ収差の測定用マスク。

【請求項 4】 前記測定用パターンは、前記ライン部を構成するラインのうち、両端のラインの幅寸法が、中央側の他のラインの幅寸法よりも小さい所要の寸法に設定された一つの L / S パターンで構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のコマ収差の測定用マスク。

【請求項 5】 前記測定用パターンは、前記ライン部が X 方向に配列された L / S パターンと、前記ライン部が Y 方向に配列された L / S パターンとを含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のコマ収差の測定用マスク。

【請求項 6】 コマ収差を測定する対象である光学系により測定用マスク上の測定用パターンを露光し、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定する方法において、前記測定用マスクとして前記請求項 2, 3, 5 のいずれかの測定用マスクを用い、前記複数の L / S パターンのそれぞれに

ついて露光により得られた複数の L / S パターン像の各ライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の前記配列方向の中心位置との相対位置ずれ量を測定し、前記複数の L / S パターン像から得られた相対位置ずれ量と、予め求められている当該相対位置ずれ量が生じる際のライン幅寸法とコマ収差との相関特性からコマ収差を測定することを特徴とするコマ収差の測定方法。

【請求項 7】 コマ収差を測定する対象である光学系により測定用マスク上の測定用パターンを露光し、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定する方法において、前記測定用マスクとして前記請求項 4 または 5 の測定用マスクを用い、前記測定用パターンを順次異なる露光量で露光して前記 L / S パターンの複数の L / S パターン像を得るとともに、前記 L / S パターン像のライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の前記配列方向の中心位置との相対位置ずれ量を測定し、前記複数の L / S パターン像における相対位置ずれ量と、予め求められている当該相対位置ずれ量が生じる際の露光量とコマ収差との相関特性からコマ収差を測定することを特徴とするコマ収差の測定方法。

【請求項 8】 前記ライン部の中心位置と前記基準ライン対の中心位置との相対位置ずれ量が急激に変化したときの前記ライン部の両端のラインの幅寸法、あるいは露光量を限界値とし、この限界値に対応するコマ収差を前記光学系のコマ収差として測定することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のコマ収差の測定方法。

【請求項 9】 前記 L / S パターンのライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の配列方向の中心位置との相対位置ずれ量を自動重ね合わせ測定器または光学顕微鏡を用いて測定することを特徴とする請求項 6 ないし 8 のいずれかに記載のコマ収差の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は投影露光装置等の光学系におけるコマ収差を測定する技術に関し、特にコマ収差を測定するための測定用マスクと、当該測定用マスクを用いたコマ収

差の測定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光学レンズ等の光学系の収差の一つにコマ収差がある。このコマ収差はレンズの光軸に対して傾いて入射する光が、レンズの中心部と周辺部とで焦点位置が異なることにより、レンズの結像面では一方から他方に向けて彗星のような像として見える。このようなコマ収差が投影露光装置に生じていると、マスクパターンを半導体ウェハに投影露光したときに、半導体ウェハ上においてマスクパターンが解像する箇所としない箇所が発生し、高精度のマスクパターンを半導体ウェハに形成することができなくなる。そのため、投影露光装置におけるコマ収差を測定し、当該コマ収差がマスクパターンに与える影響を抑制するように投影露光装置を調整することが行われる。

【0003】

このようなコマ収差の測定方法として、従来から用いられている方法を説明する。図14(a)は測定用マスクに形成された測定用パターンPSAであり、前記測定用パターンPSAは、同図に示すように、所定の幅寸法をした複数本、ここでは同じ幅寸法をした5本の黒ライン（光を透過しないラインパターン）L11～L15を所定のピッチ寸法で配列したL/S（ライン/スペース）パターンとして構成されている。そして、前記測定用パターンPSAを、測定対象の光学系を備える投影露光装置を用いて測定用ウェハの表面に塗布したフォトレジストに投影露光する。そして、前記フォトレジストを現像し、図14(b)に示すように、得られた前記ラインのパターン像PL11～PL15に対して、特に、両端に位置するラインL11、L15のパターン像PL11、PL15の幅寸法W11、W15を測定し、かつ両ラインの幅寸法差を測定する。この測定は走査電子顕微鏡（SEM）等により測定する。この幅寸法差の測定により、例えば、投影露光装置に、同図の右方向に広がりを持つ彗星型のコマ収差が生じていると、このコマ収差の非対称性によってパターン像では左側よりも右側において焦点ずれの程度が顕著になる。そのため、前記ラインの配列方向が前記したようなコマ収差の方向に向けられていると、右端ラインの焦点ずれは左端ラインよりも顕

著になり、その結果として右端のラインL15のパターン像PL15の幅寸法W15は左端のラインL11のパターン像PL11の幅寸法W11よりも小さくなる。したがって、両端の各ラインの幅寸法の差を測定し、その差の値に基づいてコマ収差を測定することができることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この従来の測定方法では、測定用マスクに形成する測定用パターンのラインの幅寸法、特に両端のラインの幅寸法が測定精度を左右することになるため、これらのラインの幅寸法を高い寸法精度で、しかも等しい幅寸法に形成しておく必要がある。しかも、1チップ内の光軸近傍領域や周辺領域の各コマ収差を測定するために、一つの測定用マスクの複数箇所に測定用パターンを形成する必要がある。そのため、測定用マスクを形成する際に行われる、測定用パターンのラインを形成するためのフォトリソグラフィ技術に極めて高い精度、製造工程管理が要求されることになり、測定マスクの製造が極めて困難になる。また、測定により得られたパターン像のライン幅を絶対寸法値として高精度に測定する必要があるために、前記したように走査電子顕微鏡での測定を行う必要があり、測定に要求される工数が多く、しかも測定作業が煩雑でかつ測定時間が長くなるという問題がある。

【0005】

ところで、特開平11-142108号公報には、コマ収差における前記した非対称性を利用すると共に、コマ収差におけるパターンの粗密による転写位置ずれを利用してコマ収差を測定する技術が提案されている。この技術は、複数の単位パターンを配列した周期パターンを転写する工程と、前記周期パターンの中央部の所定数の周期パターンを除去するための線対称パターンを転写する工程と、前記周期パターンを転写し、かつ線対称パターンを転写することによって残された周期パターンの外側と内側の各エッジ位置を測定し、両エッジ位置の中央の位置のずれを測定することによりコマ収差を測定する技術である。この技術では、周期パターンの外側と内側のエッジ位置を測定し、かつ両エッジ位置の中央位置を測定すればよいため、前記した従来技術のように微小パターンを形成し、かつ

その幅寸法を測定する必要が無くなり、製造の容易化、測定の容易化を図る上では有効である。しかしながら、この技術では、周期パターンと線対称パターンをそれぞれ転写するために2回の露光が必要であり、しかも周期パターンと線対称パターンの相対位置決めを行う必要があり、結果として測定のための工数が多くなり、測定作業が煩雑化するという問題がある。

【0006】

また、特開平11-354411号公報には、2本の開口部を透過した透過光により開口部を転写し、転写された開口部のパターン像の幅寸法を測長して寸法差を得ており、この寸法差に基づいてコマ収差を測定する技術が記載されている。そして、この技術では、開口部を転写する際に、一方の開口部に光の位相を180度変化させる位相シフトマスクを形成しておくことで、同一位相の光に基づいた転写パターンから得られる寸法差よりも2倍の寸法差を得ることができ、微小なコマ収差の測定を可能とするものである。この技術は、高精度の寸法差を得て、コマ収差の測定精度を向上することは可能であるが、測定技術そのものは基本的に図14に示した技術と同じであるため、結果として、高精度の開口部を形成する必要があり、また、転写された微小幅の開口部のパターン像の幅寸法を測定することが要求されることになり、前記したような測定用マスクの製造上の問題、転写されたパターン像の幅寸法の測定上の問題を解決することは困難である。

【0007】

本発明の目的は、測定用マスクの製造上の問題を解決するとともに、測定に際しての工数を低減し、かつその一方で高精度にコマ収差を測定することが可能なコマ収差の測定用マスク及びこれを用いた測定方法を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明のコマ収差の測定用マスクは、コマ収差を測定する対象である光学系を含む露光装置により測定用マスク上の測定用パターンの露光を行い、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定するための測定用マスクであって、前記測定用パターンは、所要のピッチで配列される複数本のライン

とスペースで構成されるライン部を有するL/Sパターンとして構成され、かつ前記複数本のラインは両端のラインの幅寸法が、中央側の他のラインの幅寸法以下に形成され、かつ前記ライン部はその配列方向の中心位置が一致された基準ライン対内に配置されていることを特徴とする。なお、前記測定用パターンは、少なくともX方向に配列されたライン部とY方向に配列されたライン部とを含むことが好ましい。

【0009】

ここで、本発明の第1の形態のコマ収差の測定用マスクは、前記測定用パターンは、前記ライン部の両端のラインの幅寸法が異なる複数のL/Sパターンで構成されている。この場合、前記複数のL/Sパターンは、両端のラインの幅寸法が等しい寸法差で段階的に異なる幅寸法となるように形成されていることが好ましい。

【0010】

また、本発明の第2の形態のコマ収差の測定用マスクは、前記測定用パターンは、前記L/Sパターンの両端のラインの幅寸法が、中央側の他のラインの幅寸法よりも小さい所定の値に設定された一つのL/Sパターンで構成されている。

【0011】

一方、本発明の第1のコマ収差の測定方法は、コマ収差を測定する対象である光学系により測定用マスク上の測定用パターンを露光し、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定する方法において、前記測定用マスクとして前記第1の形態のコマ収差の測定用マスクを用い、前記複数のL/Sパターンのそれぞれについて露光により得られた複数のL/Sパターン像の各ライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の前記配列方向の中心位置との相対位置ずれ量を測定し、前記複数のL/Sパターン像における相対位置ずれ量と、予め求められている当該相対位置ずれ量が生じるときのライン幅寸法とコマ収差との相関特性からコマ収差を測定することを特徴とする。

【0012】

また、本発明の第2のコマ収差の測定方法は、コマ収差を測定する対象である光学系により測定用マスク上の測定用パターンを露光し、当該露光により得られ

たパターン像から当該光学系のコマ収差を測定する方法において、前記測定用マスクとして前記第2の形態のコマ収差の測定用マスクを用い、前記測定用パターンを順次異なる露光量で露光して前記L/Sパターンの複数のL/Sパターン像を得るとともに、前記L/Sパターン像のライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の前記配列方向の中心位置との相対位置ずれ量を測定し、前記複数のL/Sパターン像における相対位置ずれ量と、予め求められている当該相対位置ずれ量が生じる際の露光量とコマ収差との相関特性からコマ収差を測定することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

前記第1及び第2のコマ収差の測定方法において、前記L/Sパターン像のライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対の配列方向の中心位置との相対位置ずれ量が急激に変化したときの前記ライン部の両端のラインの幅寸法、あるいは露光量を限界値とし、この限界値に対応するコマ収差を前記光学系のコマ収差として測定する。また、前記L/Sパターン像のライン部の配列方向の中心位置と、前記基準ライン対のパターン像の配列方向の中心位置との相対ずれ量は自動重ね合わせ測定器または光学顕微鏡を用いて測定する。

【 0 0 1 4 】

以上の本発明の測定用マスクを用いたコマ収差の測定方法では、ライン部の両端のラインの幅寸法が異なる複数のL/Sパターンから得られるL/Sパターン像について、ライン部の配列方向の中心位置と基準ライン対の配列方向の中心位置の相対位置ずれ量を求めると、あるライン幅寸法のL/Sパターン像を境にして当該相対位置ずれ量が大きく変化する。したがって、予めコマ収差の値と、そのコマ収差時に顕像化されなくなるL/Sパターン像のラインの幅寸法との相関を求めておき、この相関特性に前記限界値としてのライン幅寸法を当てはめることにより、コマ収差の値を求めることが可能になる。あるいは、異なる露光量での露光により得られるL/Sパターン像について、ライン部の配列方向の中心位置と基準ライン対の配列方向の中心位置の相対位置ずれ量を求めると、ある露光量でのL/Sパターン像を境にして当該相対位置ずれ量が大きく変化する。したがって、予めコマ収差の値と、そのコマ収差時に前記ラインが顕像化されなくな

る露光量との相関を求めておき、この相関特性に前記限界値としての露光量を当てはめることにより、コマ収差の値を求めることが可能になる。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図1は本発明におけるコマ収差を測定する対象としての投影露光装置100である。KrFエキシマレーザ101と、前記KrFエキシマレーザ101から出射されたレーザ光を反射する反射ミラー102と、反射されたレーザ光でマスクステージ104上に載置された測定用マスク（フォトマスク）Mを照明するための照明光学系103と、前記マスクステージ104の下側に配置されて、コマ収差の直接的な測定対象となる縮小型の投影光学系（投影レンズ）105と、前記投影光学系105によって前記測定用マスクMに設けられた後述する測定用パターンが結像される測定用ウェハWを載置するウェハステージ106とで構成されている。ここで、前記測定用マスクMに形成されている測定用パターンは、前記投影光学系105によって前記測定用ウェハWの表面に縮小状態に結像される。前記測定用ウェハWの表面には図には表れないフォトレジストが塗布されており、当該フォトレジストを現像することにより、結像された測定用パターンがフォトレジストパターンとして転写形成される。また、前記ウェハステージ106は同図に矢印で示すように平面XY方向に移動可能で、縮小した前記測定用パターンを前記測定用ウェハWの表面に対して1チップ単位でステップ露光することが可能である。また、前記ウェハステージ106は、前記投影光学系105の光軸方向（Z方向）にも移動可能であり、前記測定用パターンを測定用ウェハWの表面のフォトレジストにフォーカス（焦点）合わせする。

【 0 0 1 6 】

図2は前記測定用マスクMと、当該測定用マスクMに形成されている測定用パターンPSの第1の実施形態のパターン図である。前記測定用マスクMは、前記投影露光装置100によって、測定用ウェハWに対して1チップとして投影露光されるものであり、前記測定用パターンPSは、図示は省略するが、前記測定用マスクMを構成する透明基板の表面に光を透過しないクロム等の金属箔をパター

ン形成して構成されており、前記測定用マスクMの光軸中心位置を含むほぼ全領域内にわたって適宜に分散配置されている。ここでは、前記測定用パターンPSは、測定用マスクMに対して平面XY方向に均等な間隔で3, 2, 3, 2, 3の合計13個が配置されている。あるいは、図示は省略するが、光軸を中心とする同心円上の位置に放射状に配置されてもよい。なお、後述するように、前記測定パターンPSには、ライン部がX方向に配列されたPS(X)とPS(Y)とが存在しており、これらの測定用パターンが任意な配列状態で配置されている。

【0017】

前記測定用パターンPSは、複数個のL/S（ライン／スペース）パターン、ここでは16個のL/SパターンP01～P16で構成されており、各L/SパターンP01～P16は柵目状に配置されている。前記L/SパターンP01～P16は、同図に測定用パターンPS(X)のL/SパターンP14で代表して示すように、X方向にスペースを介して配置された5本の光を透過しないラインL1～L5からなるライン部Lで構成されている。図3(a)に詳細に示すように、前記ラインL1～L5は、Y方向の長さがほぼ2800nmとされ、X方向に一定のピッチ寸法400nmで均等配置されている。そのうち中央の3本のラインL2～L4はライン幅寸法W2～W4がそれぞれ等しい200nmに形成されている。また、両端の2本のラインL1, L5はライン幅寸法W1, W5が前記3本のラインL2～L4のライン幅寸法W2～W4以下の幅寸法にされており、前記L/SパターンP14では、ライン幅寸法W1, W5は135nmとされている。さらに、前記L/SパターンP01～P16は、それぞれX方向に対向配置される一対のラインからなる基準ライン対B、ここではX方向及びY方向の各寸法がほぼ3200nmの矩形の枠状をした光不透過領域の内縁、特に、X方向に対向する内縁部分を利用して形成された基準ライン対Bの間内に配置されており、前記ライン部Lと前記基準ライン対Bはラインの配列方向であるX方向に両者の中心位置が一致されている。

【0018】

また、図3(b)に示すように、前記L/SパターンP01～P16の各ライン部Lは、それぞれ5本のラインL1～L5のうち、細幅に形成された両端の2

本のラインL1, L5のライン幅寸法W1, W5がそれぞれ異なる寸法に形成されている。ここでは、L/SパターンP01のラインL1, L5のライン幅W1, W5が最大の200nmとされ、以下最小のライン幅のL/SパターンP16のライン幅W1, W5に向けて順次5nmずつ細くされている。例えば、L/SパターンP03では両端のラインL1, L5のライン幅寸法W1, W5は190nm、L/SパターンP10では幅寸法は155nm、最小のL/SパターンP16では125nmとされている。

【0019】

また、前記測定用マスクMに配置された前記測定用パターンPSでは、概略を前記したように、前記L/SパターンP01～P16の各ライン部Lの配列方向が、前記測定用マスクのX方向と一致する方向に配置されたものと、これとは90度回転したY方向に配置されたものとで構成されている。ここでは、図2に示した13個の測定用パターンPSのうち、一部の測定用パターンPS(X)はL/Sパターンのライン部Lの配列方向が測定用マスクのX方向に一致され、他の測定用パターンPS(Y)はL/Sパターンのライン部Lは配列測定用マスクMのY方向に一致されているものとする。

【0020】

以上の構成の測定用マスクMを用いた第1の実施形態のコマ収差の測定方法を説明する。図1に示した投影露光装置100のマスクステージ104に図2の測定用マスクMを載置する。また、ウェハステージ106上に、表面にフォトリジストを塗布した測定用ウェハWを載置する。そして、前記照明光学系103により前記測定用マスクMを照明し、縮小型の投影光学系105により測定用マスクMの測定用パターンP1を測定用ウェハWの表面に縮小した状態で結像し、露光する。このとき、複数個の測定試料を得るために、ウェハステージ106をXY方向に移動して測定用ウェハW上での測定用パターンの露光位置を変化させながら順次露光を実行する。なお、ウェハステージ106をZ方向に位置調整して、焦点合わせした状態で露光を行う。この例では、図4に示すように、測定用ウェハWに対して、当該測定用ウェハWの中心を通るY軸方向に複数の露光を行い、n個のショットSを得ている。勿論、1個のショットを得るだけでもよい。

【0021】

しかる上で、露光した測定用ウェハWのフォトレジストを現像し、フォトレジストに露光された測定用パターンPSおよび測定用パターンPSを構成するL/SパターンP01～P16をフォトレジストパターンからなる測定用パターン像PPSおよび測定用パターン像PPSを構成するL/Sパターン像PPとして顕像化する。なお、L/Sパターン像PPには後述するように全てのラインが転写された完全L/Sパターン像PP1と、一部のラインが転写された不完全L/Sパターン像PP0とがある。このとき、投影光学系108において図5(a)のようにX方向に非対称性を有するコマ収差が存在していると、このコマ収差によって、前記L/SパターンP01～P16の各L/Sパターン像PPでは、図5(b)～(e)に示すように、ライン部Lの両端のラインL1, L5の幅寸法に応じて、各ラインL1～L5のパターン像PL1～PL5に違いが生じる。すなわち、図5(b), (c)に示すように、ライン部Lの5本のラインL1～L5が全て転写されたL/Sパターン像PL1～PL5が形成された完全パターン像PP1として形成されるか、あるいは、図5(d), (e)に示すように、ライン部Lの5本のラインL1～L5のうちの両端のラインL1, L5のうちの片端のライン、ここでは右端のラインL5が転写されずに4本のラインL1～L4のパターン像PL1～PL4のみが転写された不完全L/Sパターン像PP0として顕像化されることになる。すなわち、投影光学系105に前記したようにコマ収差が生じていると、コマ収差の光軸に対する非対称性によって、L/Sパターンのライン部Lの両端のラインL1, L5のうち、いずれか片端のライン(コマ収差の彗星の尾となる端、ここでは右端)の結像が甘くなり、当該片端のライン幅の小さいラインL5がパターン像として顕像化されず、前記したような不完全L/Sパターン像PP0となる。このような現象はコマ収差の値に相関を有しており、コマ収差の値が大きいほどライン幅が大きいL/Sパターンにおいても不完全L/Sパターン像PP0が発生する。

【0022】

次いで、図6を参照して次に詳細に説明するが、前記測定用ウェハWを、従来から広く利用されている自動重ね合わせ測定器、あるいは光学顕微鏡にセットし

、測定用ウェハWに顕像化された前記L/Sパターン像PP (PP1, PP0) に対して計測を行う。なお、前記自動重ね合わせ測定器は、例えばL/Sパターン像PPに対して、ライン部Lの配列方向に沿って光ビームを走査してその反射光を検出し、その際にL/Sパターン像PPによって低減される反射光量に基づいて当該光ビームの走査方向においてL/Sパターン像PPのうち、ライン部Lの両端位置と基準ライン対Bの各端位置を計測し、さらにこれらライン部Lと基準ライン対Bの各配列方向の中心位置を計測するものである。この計測により、L/SパターンP01～P16の各ライン部Lのパターン像PL1～PL5の配列方向の中心位置CLを計測する。また、同時に各L/SパターンP01～P16の配列方向での基準ライン対Bのパターン像PBの中心位置CBを計測する。そして、計測したライン部Lの中心位置CLと基準ライン対Bの中心位置CBとの差である相対位置ずれ量 ΔC を演算する。

【0023】

すなわち、図6 (a) に示すように、各L/Sパターンのライン部Lの5本のラインL1～L5の全てがパターン像PL1～PL5として顕像化された完全なL/Sパターン像PP1の場合には、前記したようにライン部Lと基準ライン対Bの中心位置を測定すると、ライン部Lの配列方向の中心位置CLと、基準ライン対Bの中心位置CBは同じ、あるいはほぼ同じ位置にあり、両中心位置CLとCBの相対位置ずれ量 ΔC は0ないし極めて小さい値となる。ところが、図6 (b) に示すように、コマ収差の非対称性によってL/Sパターンのライン部Lの片端のライン、ここではラインL5が顕像化されない不完全L/Sパターン像PP0の場合には、ライン部Lでは4本のラインL1～L4のパターン像PL1～PL4のみが計測されて、その中心位置CL' が計測される。この中心位置CL' は、完全L/Sパターン像PP1の場合に比較して1ピッチ寸法のほぼ1/2だけ、この場合には $400\text{ nm} \times 1/2 = 200\text{ nm}$ だけずれることになる。これに対し、基準ライン対Bの中心位置CBは変化しないため、ライン部の中心位置CL' と、基準ライン対の中心位置CBとの相対位置ずれ量 ΔC はほぼ200 nmとなる。

【0024】

したがって、 L/S パターンP01～P16について、前記したような計測を行って、各ライン部Lの中心位置CLと基準ライン対Bの中心位置CBの相対位置ずれ量 ΔC を求めると、図7に示すように、ある L/S パターン、ここでは L/S パターンP10を限界値として、それよりもライン幅寸法が小さい L/S パターンP11～P16では相対位置ずれ量 ΔC が200nmに近い値となり、逆にそれよりもライン幅寸法が大きい L/S パターンP01～P09では相対位置ずれ量 ΔC がほぼ0となる。この結果から、コマ収差は L/S パターンP10のラインL1，L5のライン幅寸法W1，W5、すなわち155nmのライン幅寸法に対応するコマ収差であることが判る。したがって、前記した L/S パターンの計測に先立って、予め図8に示すように、コマ収差の値と、そのコマ収差値のときに不完全 L/S パターン像となる L/S パターンのライン幅寸法との相関を求めておき、この相関特性に前記限界値とされたライン幅寸法を当てはめることにより、コマ収差の値を求めることが可能になる。

【0025】

ここで、投影光学系でのコマ収差の値が異なる場合には、 L/S パターンのライン部Lでの片端のラインが顕像化されなくなる不完全 L/S パターン像が発生する際のライン幅寸法が異なる。そのため、図7に示した特性において、コマ収差の値が大きい場合には破線Bの特性となり、限界値となるライン幅は大きくなる。逆に、コマ収差の値が小さい場合には破線Cの特性となり、限界値となるライン幅は小さくなる。したがって、破線B，Cの場合の各限界値を図8に適用することで、それぞれ異なる値のコマ収差を求めることが可能であることが判る。

【0026】

このように、本実施形態の測定用マスクMを用いてコマ収差を測定する際には、測定用ウェハWにフォトレジストパターンとして転写された L/S パターンの L/S パターン像PP（PP1，PP0）のライン部Lの中心位置CL（CL'）と、基準ライン対Bの中心位置CBとの相対位置ずれ量 ΔC を測定すればよく、 L/S パターンのライン部Lを構成する微小幅寸法の各ラインL1～L5や、これらライン間のスペースの間隔寸法を個々に測定する必要はない。したがって、 L/S パターンにおいて、各ラインL1～L5を高精度の幅寸法に形成する必

要はなく、また、L/SパターンのL/Sパターン像PPの寸法測定に際して各ラインL1～L5の幅寸法を個々に計測するために走査電子顕微鏡を用いる必要もなく、コマ収差の測定を容易に行うことができる。また、測定に際しては、測定用マスクMに位相シフトマスク等の特殊な構成と付加することもなく、かつ測定用マスクが1枚でかつ1回の露光工程で済むことになり、この面からも測定を容易に行うことが可能になる。

【0027】

図9は本発明の第2の実施形態における測定用マスクMと、当該測定用マスクMに形成されている測定用パターンPS (PS (X)) のパターン図である。測定用マスクMは、図2に示した第1の実施形態と同様に測定用パターンPSが配置されているが、各測定用パターンPSはそれぞれ1つの同じL/SパターンP00で構成されている。前記L/SパターンP00は、X方向にスペースを介して配置された5本の光を透過しないラインL1～L5からなるライン部Lと、その外側の基準ライン対Bとで構成されている。図3(a)の場合と同様に、前記ライン部Lの各ラインL1～L5は、Y方向の長さがほぼ2800nmとされ、X方向に一定のピッチ寸法400nmで均等配置されている。そのうち中央の3本のラインL2～L4はライン幅寸法W2～W4がそれぞれ同じ200nmに形成されている。また、両端の2本のラインL1, L5はライン幅寸法W1, W5が前記3本のラインL2～L4のライン幅寸法W2～W4よりも細くされており、ここでは第1の実施形態でのライン幅寸法の間に近い寸法である150nmとされている。また、前記ライン部Lは、第1の実施形態と同様に構成された基準ライン対B内に配置されており、前記ライン部Lは前記基準ライン対Bと中心位置が一致されていることも第1の実施形態と同じである。。

【0028】

以上の構成の測定用マスクMを用いた第2の実施形態におけるコマ収差の測定方法を説明する。前記測定用マスクMを図1に示した投影露光装置100により測定用ウェハWに露光転写するが、その際に、照明光学系103により測定用マスクMを照明する明るさ、すなわち投影露光装置100での露光量を順次段階的に変化させながら測定用ウェハWへの露光を行うようする。すなわち、ウェハス

ページ 1 0 6 を X Y 方向に移動して測定用ウェハ W 上での測定用マスク M の露光位置を変化させながら、かつ前記したように露光量を変化させながら順次露光を実行する。この第 2 の実施形態においては、図 4 に示したように、測定用ウェハ W に対して、中心を通る Y 軸方向の位置にそれぞれ露光量を変化させて n 個、ここでは 1 6 個のショット S を得ている。

【 0 0 2 9 】

しかる上で、露光した測定用ウェハ W のフォトレジストを現像し、フォトレジストに露光された測定用パターン P S を構成する L / S パターン P 0 0 をフォトレジストパターンからなる L / S パターン像 P P として顕像化する。このとき、図 1 0 (a) に示すように、投影光学系 1 0 5 に X 方向のコマ収差が生じていると、コマ収差の光軸に対する非対称性と、微小幅寸法のラインに対する露光量との関係により、図 1 0 (b) , (c) に示すように、適正露光量あるいは露光量がアンダーの場合にはライン部 L の各ライン L 1 ~ L 5 の全てがパターン像 P L 1 ~ P L 5 として顕像化して完全 L / S パターン像 P P 1 となる。一方、露光量がオーバになると両側のライン L 1 , L 5 のうちいずれか一方のライン、ここでは右端のライン L 5 の結像が甘くなり、L / S パターン像として顕像化されなくなり、図 1 0 (d) , (e) に示すように、ライン L 1 ~ L 4 のパターン像 P L 1 ~ P L 4 のみが顕像化し、不完全 L / S パターン像 P P 0 となる。すなわち、同じコマ収差の場合でも、露光量がオーバになるとライン部 L のライン L 1 , L 5 の片端が欠けた不完全 L / S パターン像 P P 0 が発生するようになる。

【 0 0 3 0 】

したがって、図 6 に示した第 1 の実施形態の場合と同様に、自動重ね合わせ測定器において、L / S パターン P 0 0 において顕像化されたライン部 L を計測し、当該ライン部 L の配列方向の中心位置 C L (C L ') を計測する。また、同時にライン部 L の配列方向に沿う基準ライン対 B の中心位置 C B を計測する。そして、計測したライン部 L の中心位置 C L (C L ') と基準ライン対 B の中心位置 C B との差、すなわち相対位置ずれ量 ΔC を計測する。このとき、図 1 1 に示すように、ある露光量、ここでは $4.7 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ を限界として、それよりも露光量が多い領域では、片端のラインが顕像化されずにライン部 L の中心位置 C L

が 1 ピッチ寸法の $1/2$ だけずれるため、前記相対位置ずれ量 ΔC は 200 nm に近い値となり、逆にそれよりも露光量の少ない領域では、相対位置ずれ量 ΔC はほぼ 0 となる。この結果から、投影光学系 105 におけるコマ収差の値は、前記限界値の露光量に対応するコマ収差であることが判る。したがって、予め図 12 に示すように、前記した L/S パターンを用いて投影露光を行った際の、各異なるコマ収差の値と、その際において不完全 L/S パターン像 P P 0 が発生する露光量との相関を求めておき、この相関特性に前記限界値とされた露光量を当てはめることにより、コマ収差の値を求めることが可能になる。

【0031】

ここで、コマ収差の値が異なる場合には、L/S パターンのライン部 L の片端のラインが顕像化されなくなるときの露光量が相違されるため、例えば、図 11 に示すように、コマ収差が大きい場合には破線 D の特性となり、限界値となる露光量は少なくなる。逆に、コマ収差が小さい場合には破線 E の特性となり、限界値となる露光量は多くなる。したがって、破線 D、E の場合の各限界値を図 11 に適用することで、それぞれ異なる値のコマ収差を求めることが可能であることが判る。

【0032】

このように、本発明の第 2 の実施形態の測定用マスク M を用いてコマ収差を測定する際にも、測定用ウェハ W に L/S パターン像 P P として転写された L/S パターン P 0 0 のライン部 L の中心位置 C L と、基準ライン対 B の中心位置 C B との相対位置ずれ量 ΔC を測定すればよく、L/S パターン像 P P のライン部 L を構成する各ライン L 1 ~ L 5 の幅寸法や、それらの間のスペースの間隔寸法を測定する必要はない。したがって、各ラインを高精度に形成する必要はなく、またライン部 L の寸法測定に際して走査電子顕微鏡を用いる必要もなく、コマ収差の測定を容易に行うことができる。また、測定に際しては、測定用マスク M に位相シフトマスクを付設する等の特殊な構成とすることもなく、かつ 1 回の露光工程で済み、この面からも測定を容易に行うことが可能になる。

【0033】

なお、前記第 1 及び第 2 の実施形態では、L/S パターンは一方向に配列した

構成であるが、図 1 3 に示すように、X 方向と Y 方向にそれぞれライン部 L が配列された 2 つの L / S パターン P 0 0 (X) と P 0 0 (Y) を一組とする複合型パターンとして構成してもよい。そして、このような複合型 L / S パターンを用いる場合には、測定用マスク M に配置する測定用パターン P S は、それぞれ同一構成となり、図 2 に示した例のように、X 方向と Y 方向の各測定用パターン P S (X) , P S (Y) として構成する必要がないため、一つの測定用マスク M に配列する測定用パターン P S の数を低減することが可能になる。

【 0 0 3 4 】

また、コマ収差は測定用ウェハでの結像面において、光軸を含む径方向に生じるため、L / S パターンのライン部 L の配列方向は、前記した X 方向、Y 方向に限られるものではなく、X 方向又は Y 方向に対して 45° 、あるいは 22.5° で回転配置された L / S パターンを含んで構成されてもよい。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の測定用マスクを用いたコマ収差の測定技術では、測定用ウェハに転写された L / S パターン像のライン部の配列方向の中心位置と、これを囲む基準ライン対の中心位置との相対位置ずれ量を測定し、その相対位置ずれ量が大きく変化したときの限界値を、予め測定されている限界値とコマ収差の値との相関特性に当てはめることで、測定対象としての光学系のコマ収差を測定することができる。したがって、L / S パターン像のライン部を構成する微小幅寸法のラインの幅寸法やスペースの間隔寸法を測定する必要はなく、各ラインを高精度に形成する必要はなく、また、L / S パターン像の寸法測定に際して走査電子顕微鏡を用いる必要もなく、コマ収差の測定を容易に行うことができる。また、測定に際しては、測定用マスクを特殊な構成とすることもなく、かつ 1 回の露光工程で済み、この面からも測定を容易に行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のコマ収差の測定対象となる投影露光装置の概念構成図である。

【図 2】

本発明の測定用マスクの第 1 の実施形態の構成図である。

【図 3】

L/S パターンの詳細構成図である。

【図 4】

測定用ウェハに形成される測定用マスクのショットの一例を示す図である。

【図 5】

ライン幅寸法の違いによる L/S パターン像の変化を示す図である。

【図 6】

L/S パターン像から得られるライン部と基準ライン対の相対位置ずれ量を示す図である。

【図 7】

測定結果から得られたライン幅寸法と相対位置ずれ量の関係を示す図である。

【図 8】

ライン幅寸法とコマ収差の相関を示す図である。

【図 9】

本発明の測定用マスクの第 2 の実施形態の構成図である。

【図 10】

露光量の違いによる L/S パターン像の変化を示す図である。

【図 11】

測定結果から得られた得られる露光量と相対位置ずれ量の関係を示す図である。

【図 12】

露光量とコマ収差の相関を示す図である。

【図 13】

測定用パターンの他の例を示す図である。

【図 14】

従来のコマ収差の測定技術を説明するための図である。

【符号の説明】

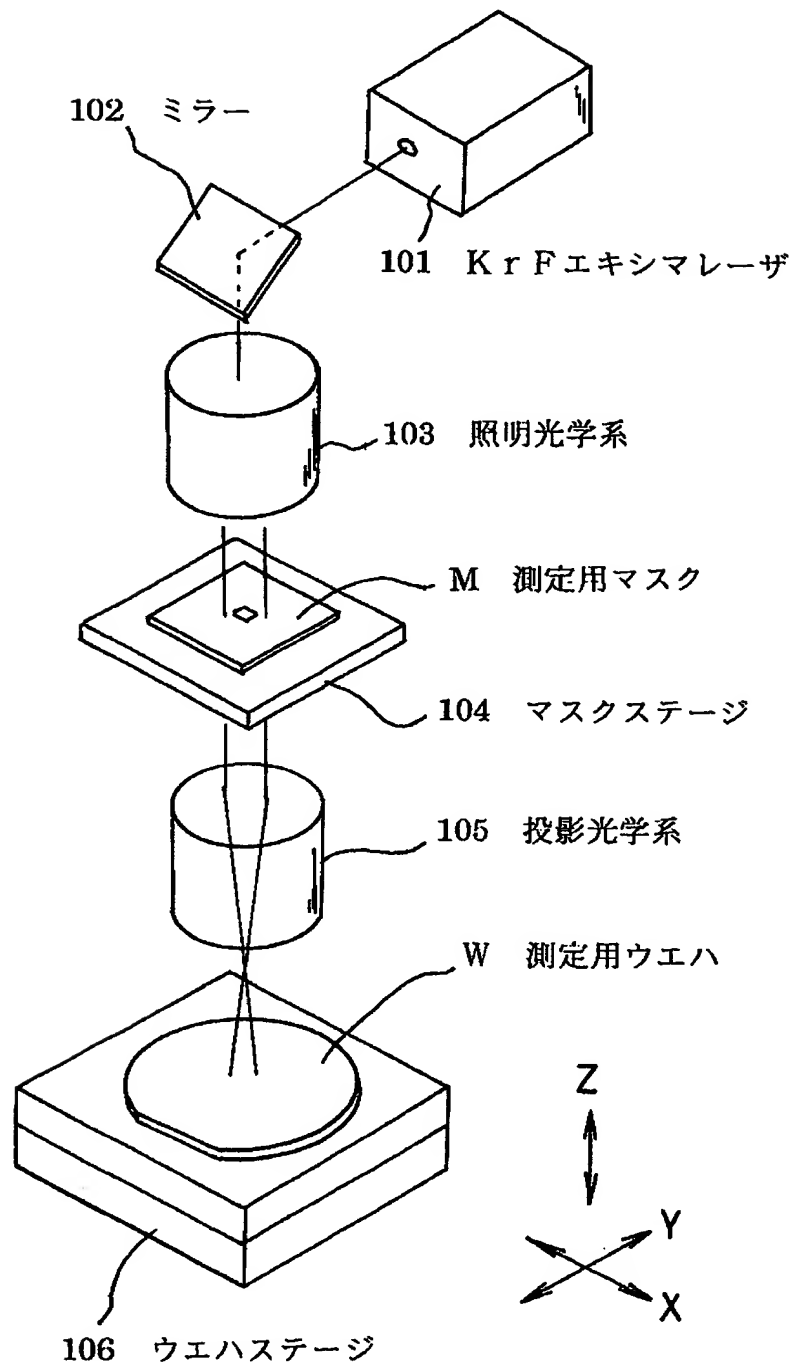
1 0 0 投影露光装置

101 KrFエキシマレーザ
 102 反射ミラー
 103 照明光学系
 104 マスクステージ
 105 投影光学系
 106 ウェハステージ
 M 測定用マスク
 W 測定用ウェハ
 PS 測定用パターン
 PS (X) X方向配列の測定用パターン
 PS (Y) Y方向配列の測定用パターン
 P00, P01~16 L/Sパターン
 L ライン部
 L1~L5 ライン
 B 基準ライン対
 CL, CL' ライン部の中心位置
 CB 基準ライン対の中心位置
 PP L/Sパターン像
 PP1 完全L/Sパターン像
 PP0 不完全L/Sパターン像
 PL1~PL5 ラインのパターン像
 PB 基準ライン対のパターン像

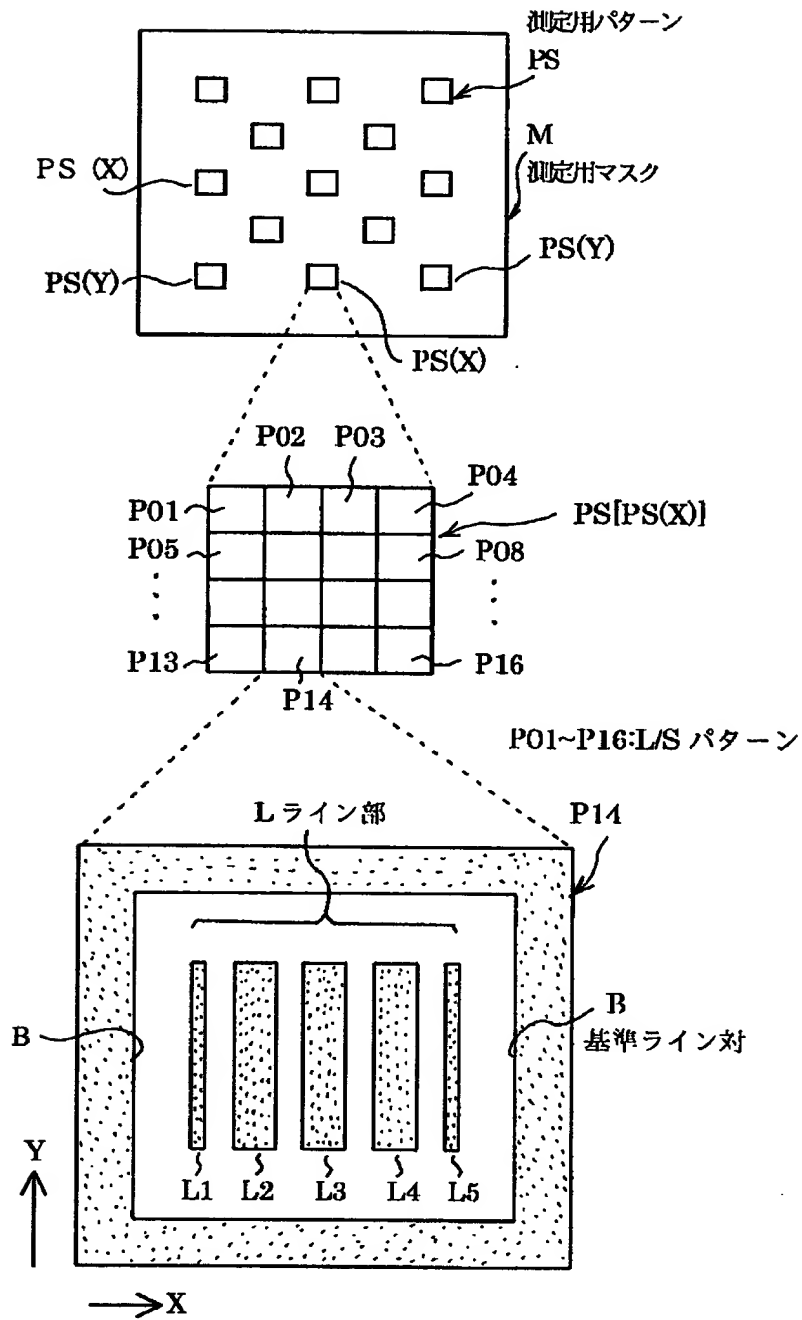
【書類名】 図面

【図 1】

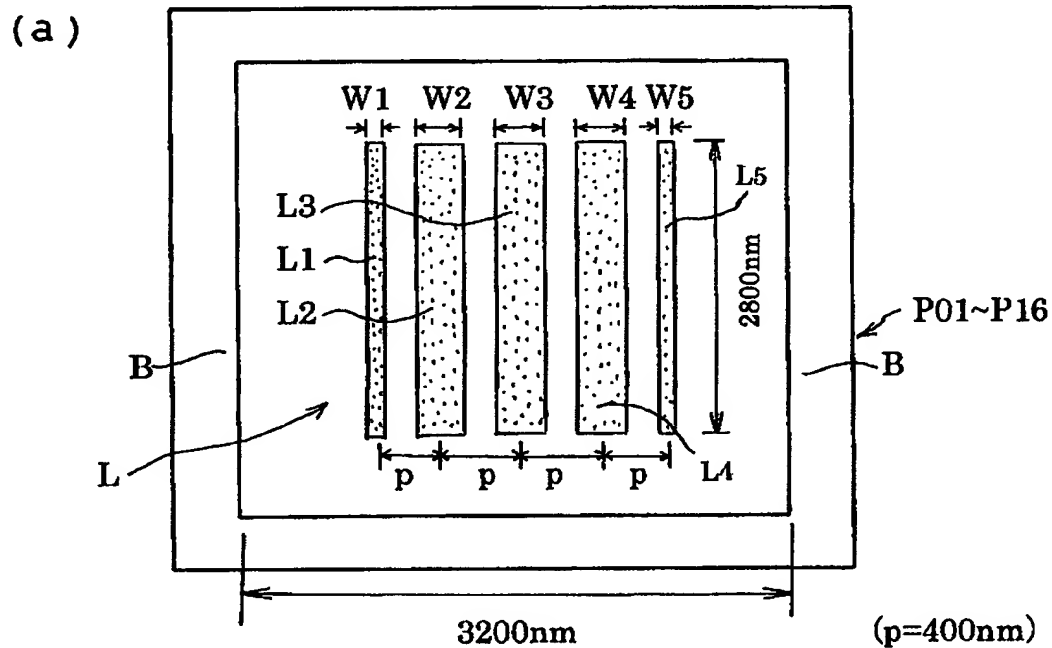
100 投影露光装置



【図 2】



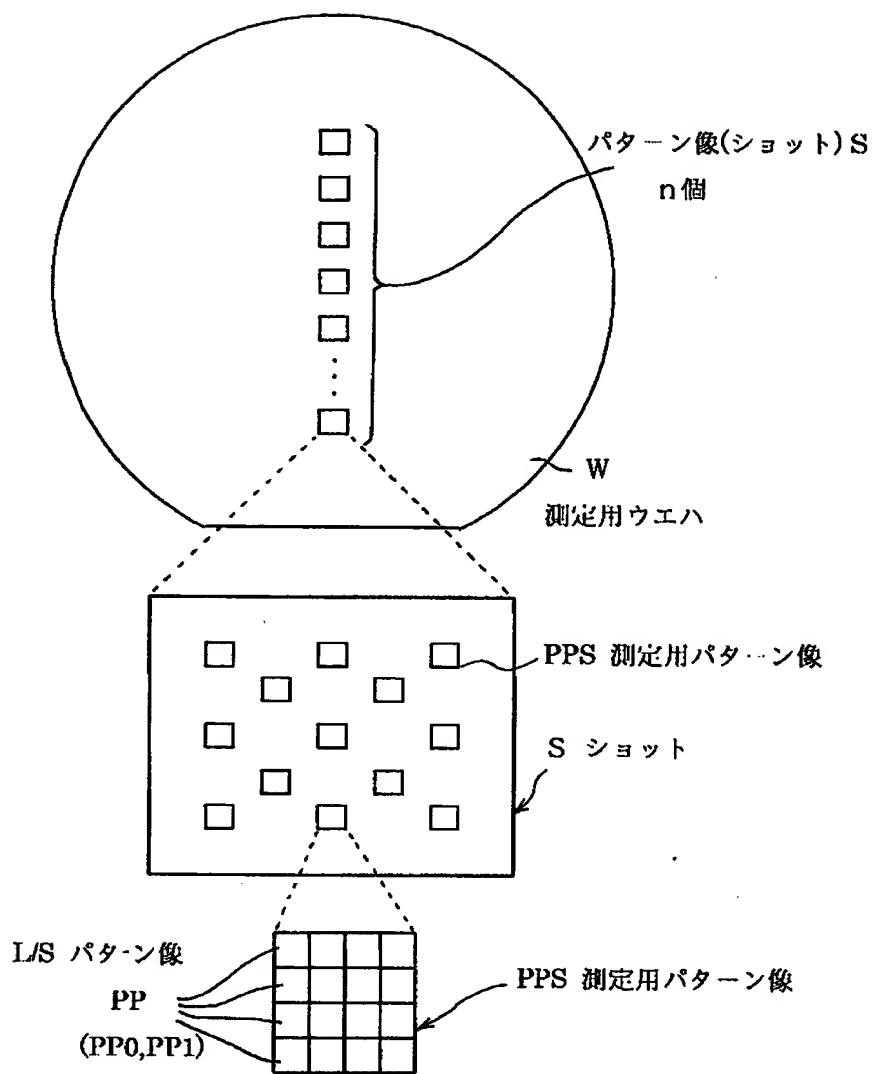
【図 3】



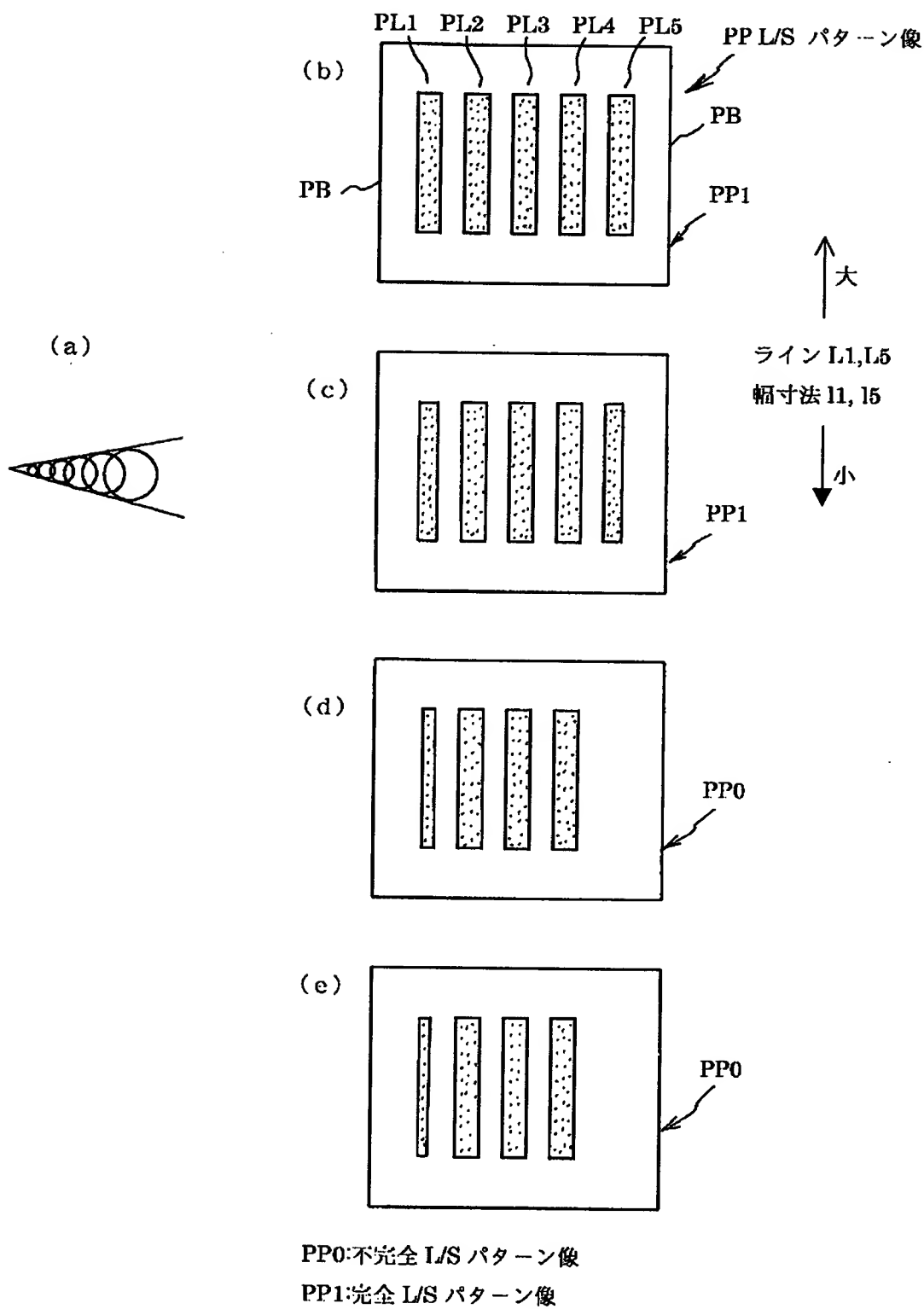
(b)

		P02	P03	P04
	L1, L5 の幅寸法	"	"	"
	W1, W5	"	"	"
P01	=200nm	=195nm	=190nm	=185nm
P06	"	"	"	"
P05	=180nm	=175nm	=170nm	=165nm
P10	"	"	"	"
P09	=160nm	=155nm	=150nm	=145nm
P13	"	"	"	"
	=140nm	=135nm	=130nm	=125nm
		P14	P15	P16

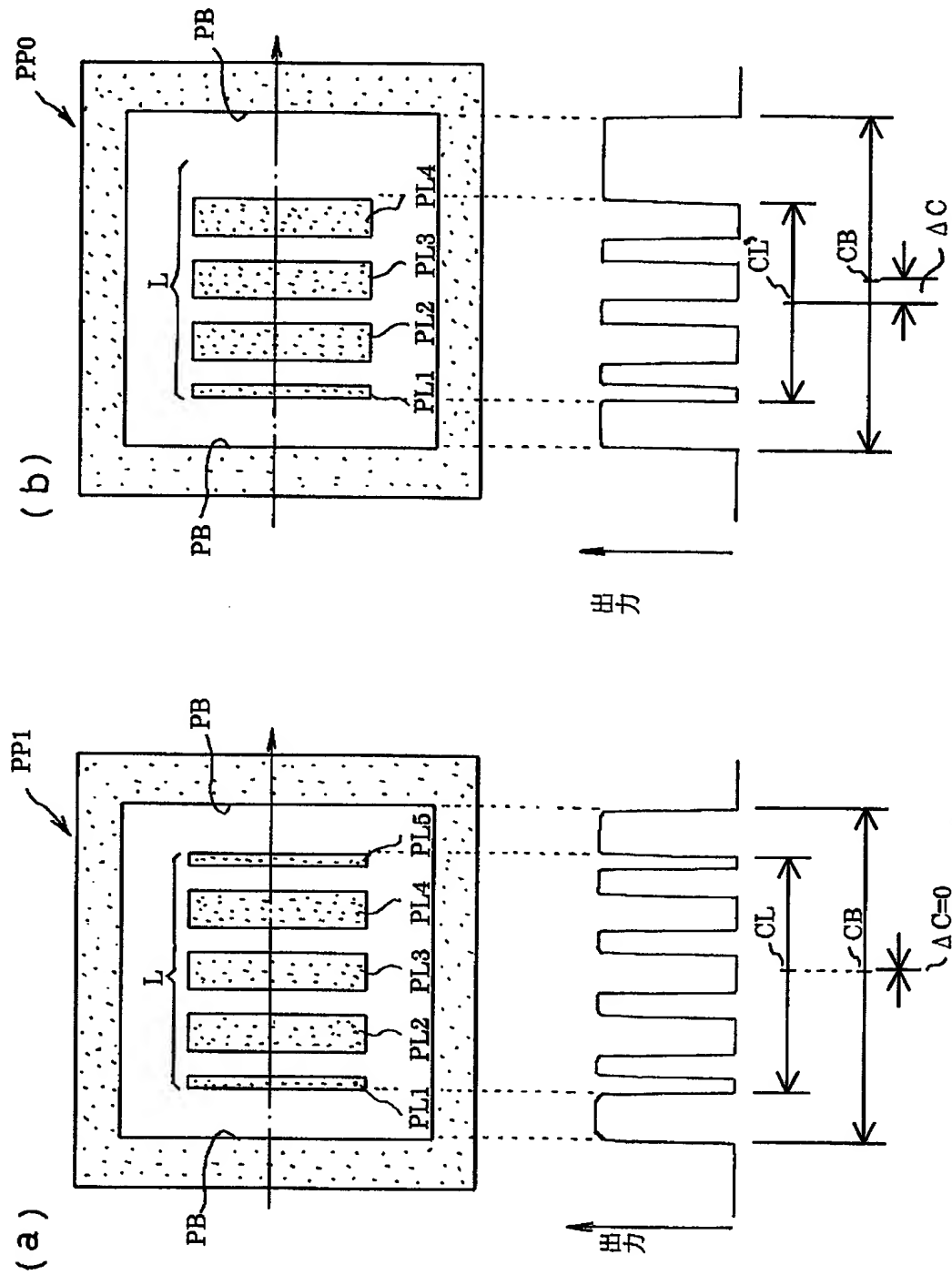
【図 4】



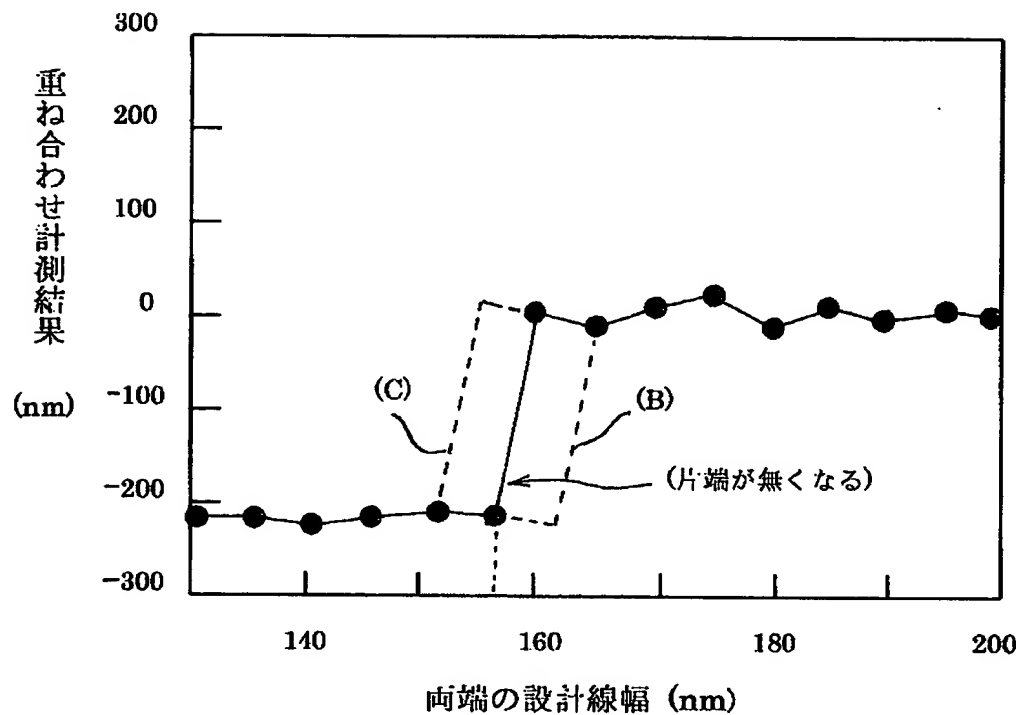
【図 5】



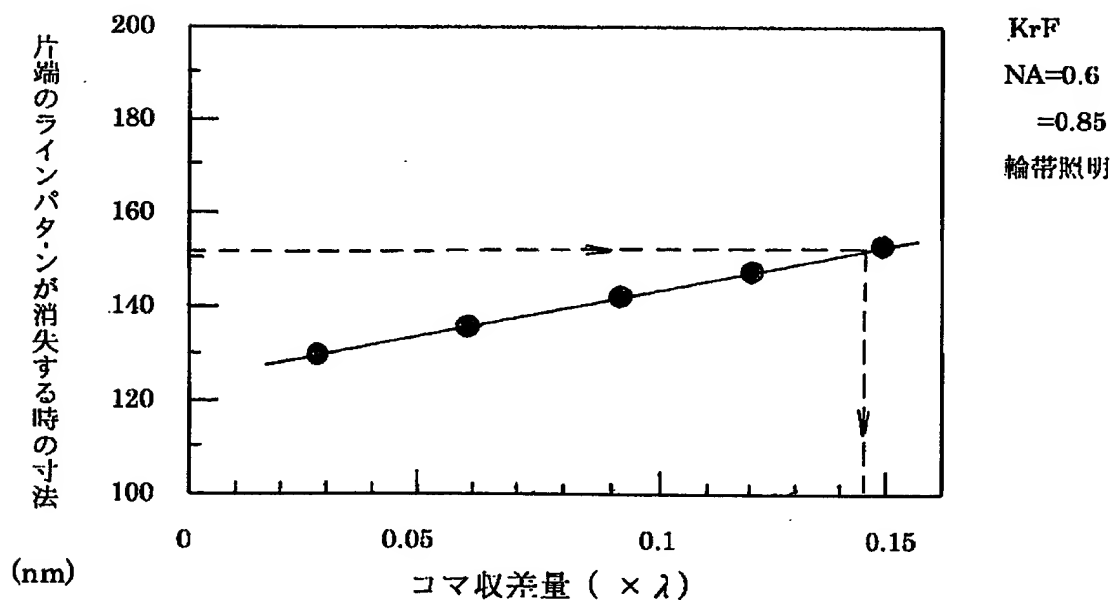
【図 6】



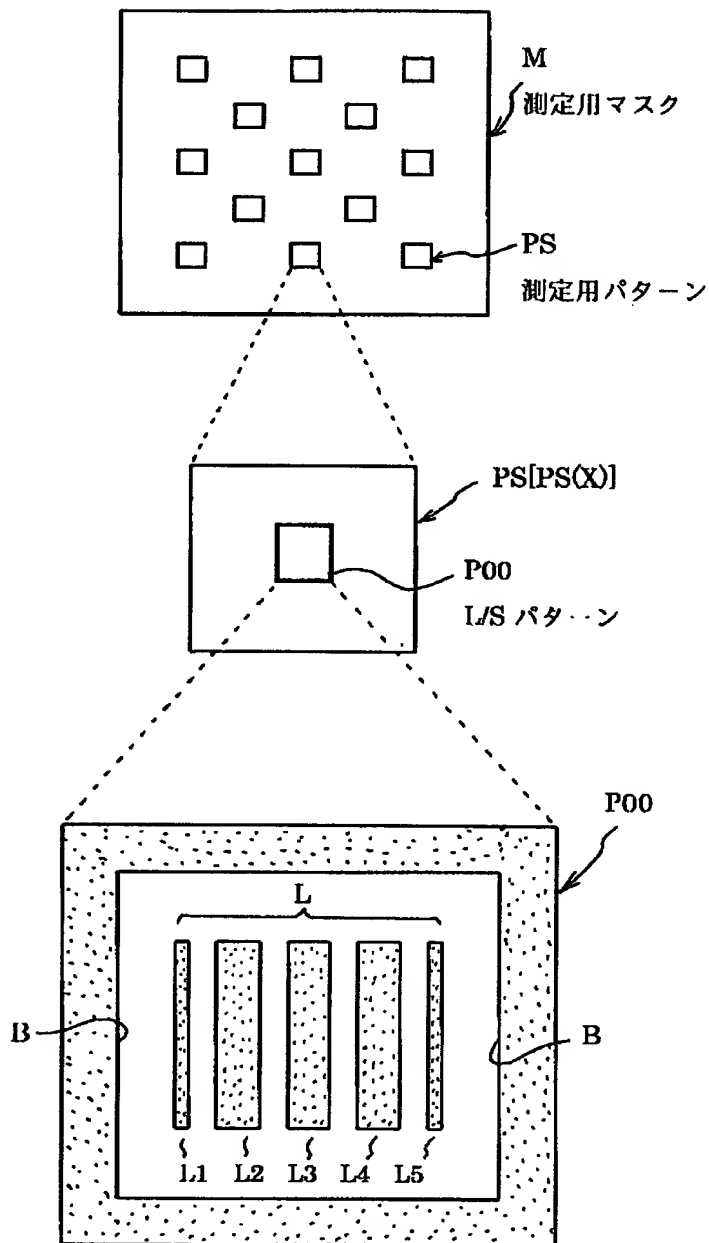
【図 7】



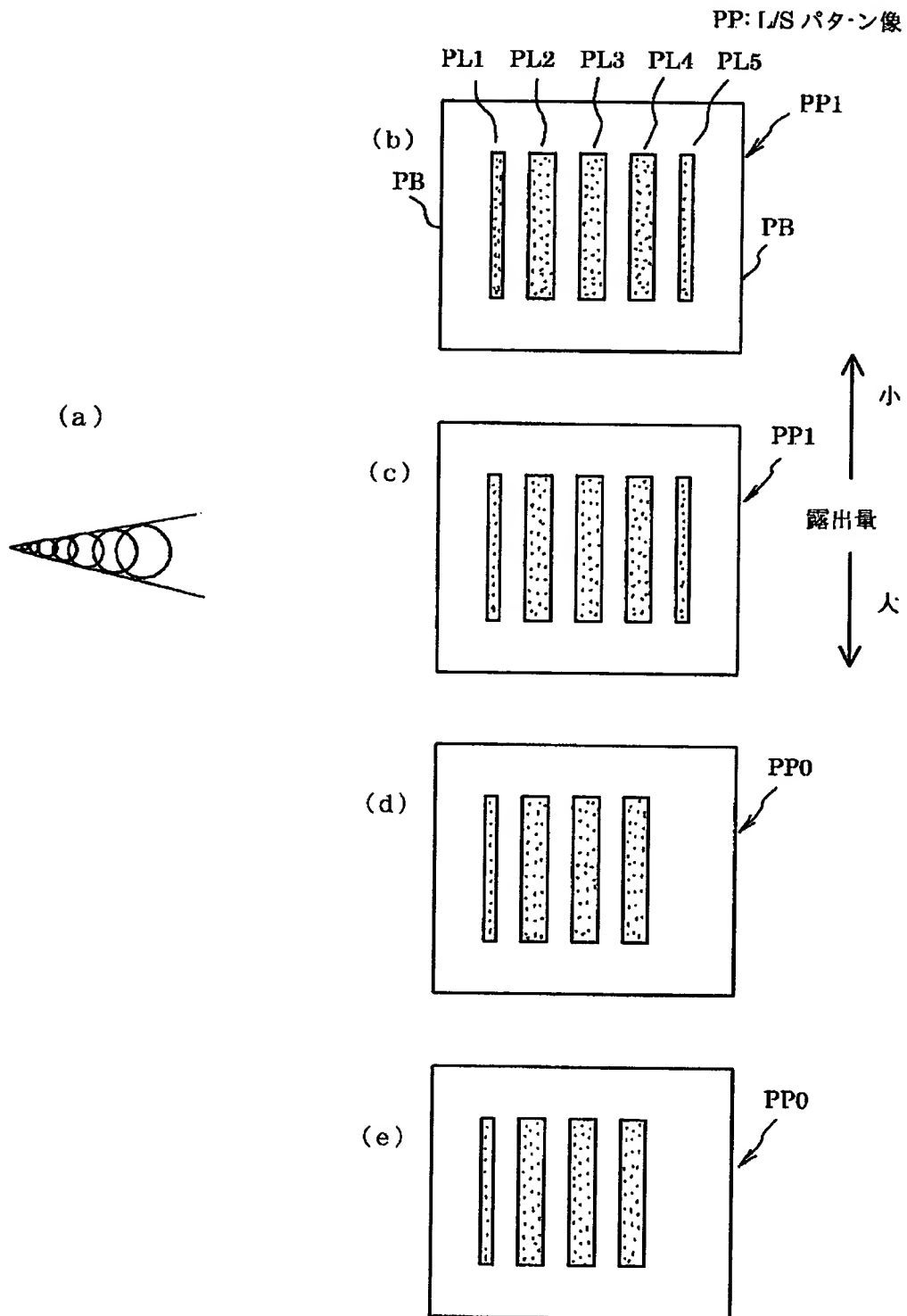
【図 8】



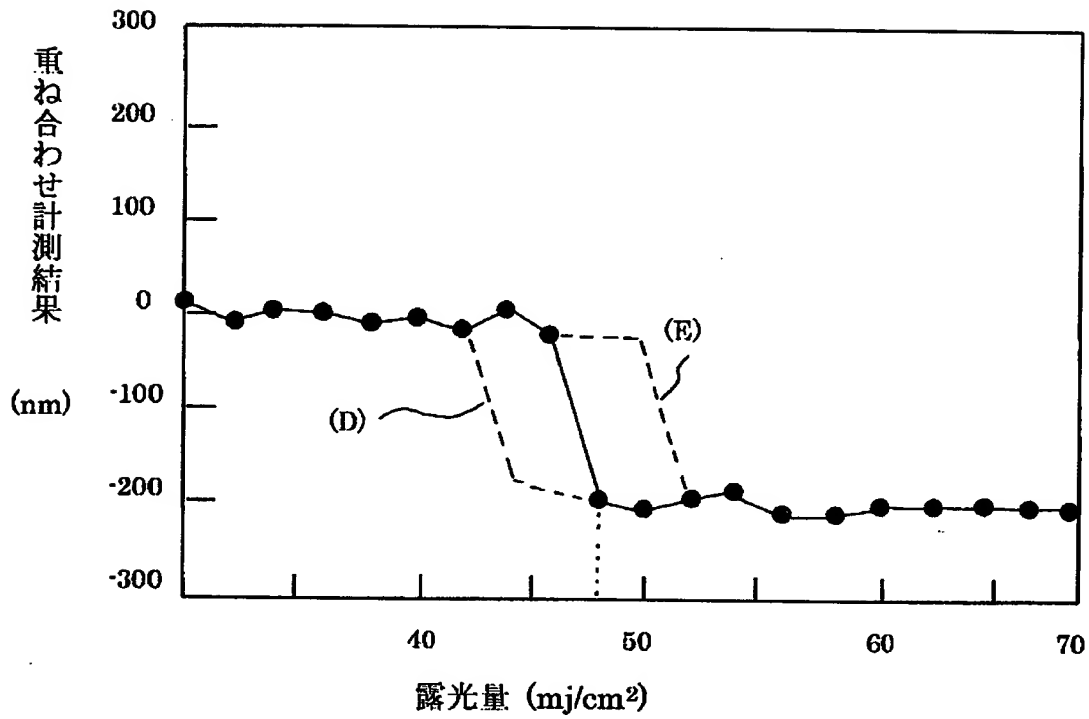
【図 9】



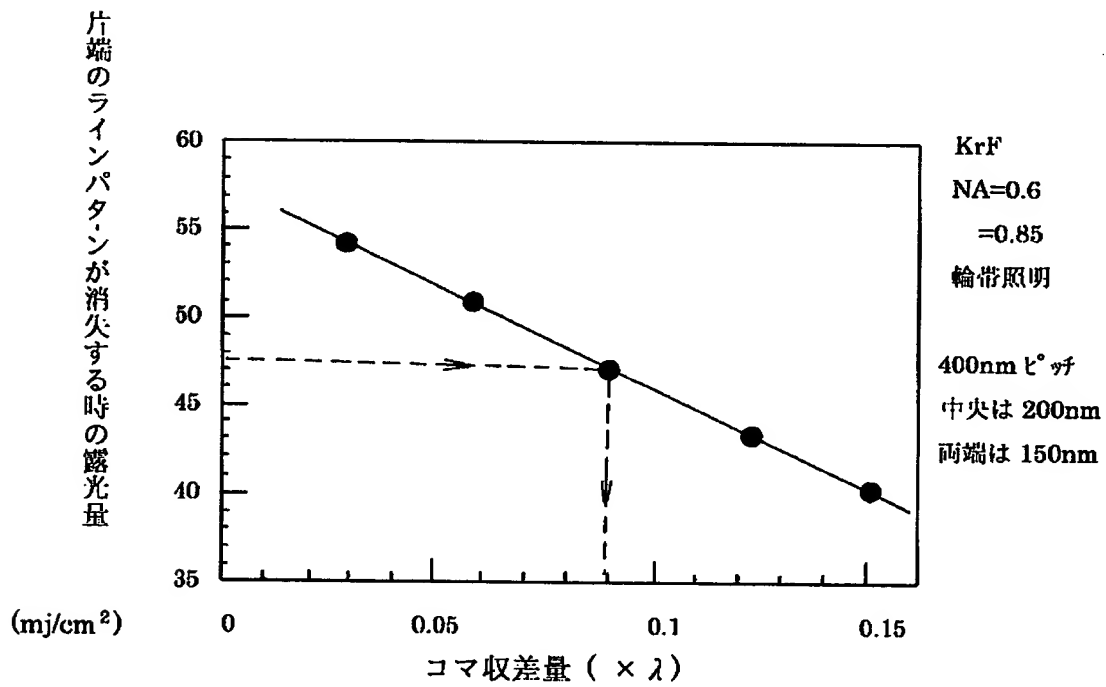
【図 1 0】



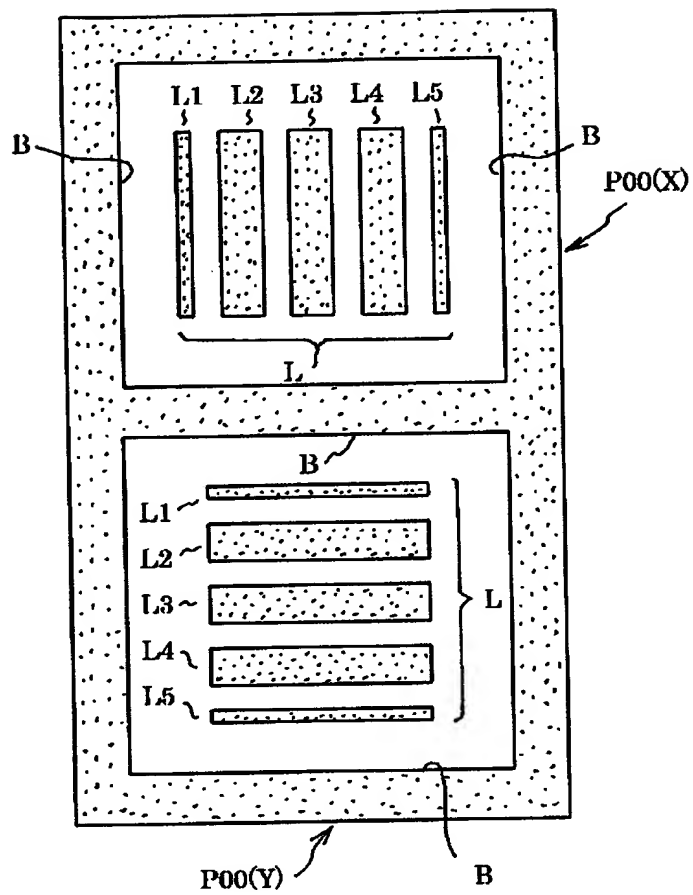
【図 1 1】



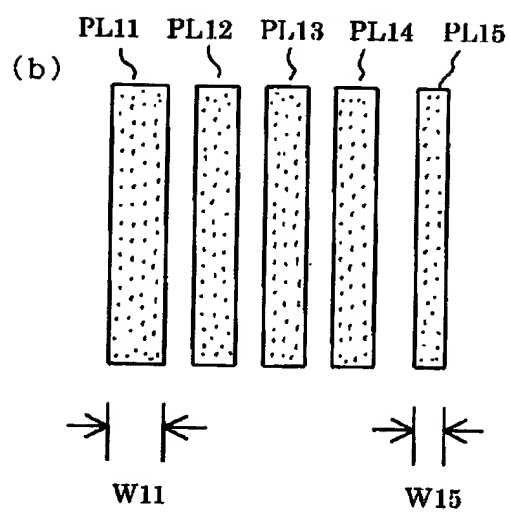
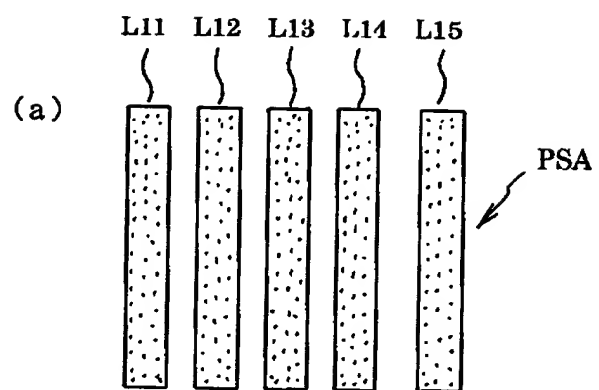
【図 1 2】



【図13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コマ収差の測定用マスクの製造上の問題を解決するとともに、測定工数を低減し、かつその一方で高精度のコマ収差を測定することが可能にする。

【解決手段】 コマ収差を測定する光学系を含む露光装置により測定用マスク上の測定用パターンの露光を行い、当該露光により得られたパターン像から当該光学系のコマ収差を測定するための測定用マスクであって、測定用パターンは、所要のピッチで配列される複数本のライン $L_1 \sim L_5$ で構成されるライン部 L を有する L/S パターンとして構成され、複数本のライン $L_1 \sim L_5$ は両端のライン L_1 , L_5 の幅寸法が、中央側の他のライン $L_2 \sim L_4$ の幅寸法以下の幅寸法に形成される。また、ライン部 L は中心位置が一致された基準ライン対 B 内に配置される。両端のライン L_1 , L_5 の幅寸法が異なる複数の L/S パターンから得られた L/S パターン像のライン部の配列方向の中心位置 C_L と、基準ライン対のパターン像 P_B の配列方向の中心位置 C_B との相対位置ずれ量 ΔC を測定し、この相対位置ずれ量と、予め求められているライン幅寸法とコマ収差との相関特性からコマ収差を測定する。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社